

## **Fahrdynamik - Fahrsicherheit - Fahrerplatz**

Jan Krüger, Henning Jürgen Meyer

Fachgebiet Konstruktion von Maschinensystemen, Technische Universität Berlin

### **Kurzfassung**

Die für 2016 erwarteten gesetzlichen Rahmenbedingungen für Traktoren geben Sicherheitsvorschriften auch für schnellfahrende Traktoren mit Höchstgeschwindigkeiten bis bzw. über 60 km/h vor. Assistenzsysteme wie ABS und elektronische Bremssysteme werden ebenfalls berücksichtigt.

Das Wohlbefinden der fahrzeugführenden Person sowie dessen verbessertes Zusammenspiel mit der Maschine ist ein zentrales Ziel der Veröffentlichungen des Jahres 2014. Systeme zur Vibrationsreduktion, Untersuchungen zur besseren Ergonomie in der Kabine, Schutz vor Lärm und Schadstoffen sowie aktive und passive Systeme zum Schutz vor Überschlagen stehen daher im Mittelpunkt der Entwicklungen.

### **Schlüsselwörter**

Fahrsicherheit, Fahrwerk, Sicherheitssystem, Traktor, Fahrersitz, Fahrzeugkabine

## **Ride Dynamics Ride Safety - Driver's Place**

Jan Krüger, Henning Jürgen Meyer

Technische Universität Berlin, Machinery system design group

### **Abstract**

The legislative framework of the European Union regulating tractor safety for vehicles with top speeds of more than 60 km/h are expected for the year 2016. Assisting systems such as ABS and electronic braking systems are included.

The well-being of the driver as well as the improvement of his interaction with the tractor are the major goal of many developments in 2014. Systems to reduce vibrations, studies on the improvement of ergonomics in the cab, noise and pollutant protection as well as active and passive systems for roll-over protection are in the focus of many works.

### **Keywords**

ride safety, suspension, safety system, farm tractor, driver's seat, vehicle cab

## **Fahrdynamik - Fahrsicherheit**

Auf der diesjährigen internationalen VDI-MEG Tagung LAND.technik war eines der zentralen Themen die geplante Vereinheitlichung und Anpassung der gesetzlichen Anforderungen für land- und forstwirtschaftliche Fahrzeuge. Die für 2016 erwartete sogenannte "Tractor Mother-Regulation" wird auch im Bereich Fahrdynamik, Fahrsicherheit und Fahrkomfort Neuerungen mit sich bringen. Die Regelung nimmt eine Anpassung der Zulassungsvoraussetzungen an die technischen Weiterentwicklungen der vergangenen Jahre vor. So sind Regelungen für Traktoren mit Höchstgeschwindigkeiten bis 60 km/h und darüber hinaus vorgesehen. Die verpflichtende Ausrüstung von Traktoren mit Anti-Blockier-Systemen (ABS) und elektronischen Bremssystemen (EBS) wird geprüft. Bei schnelllaufenden Traktoren mit Höchstgeschwindigkeiten über 60 km/h wird ABS gefordert. Auch die Koppelkraftregelung mit dem Ziel die Gestabilität beim Bremsen zu erhöhen ist im Entwurf berücksichtigt [1].

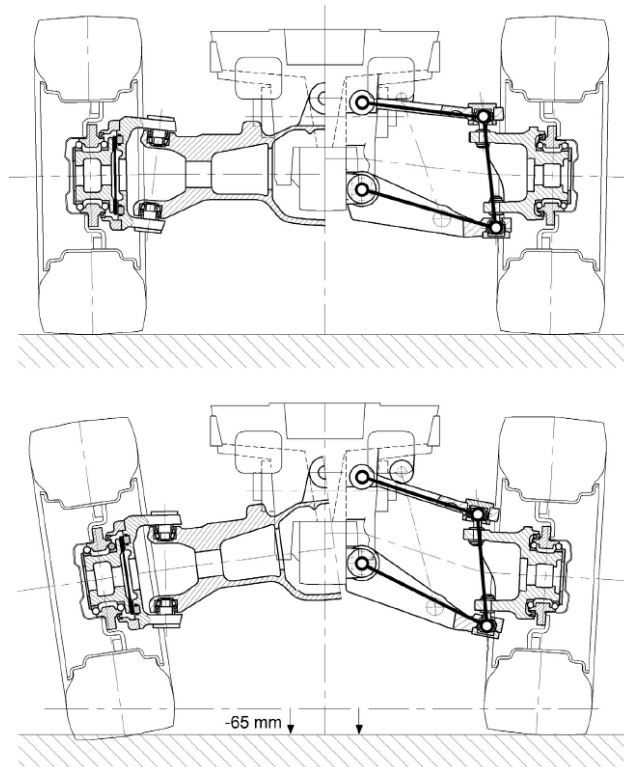
Die Verknüpfung verschiedener zum Teil bereits vorhandener aktiver Systeme bietet Chancen zu weiteren Verbesserungen. So untersuchen Hamersma und Els das Zusammenspiel von ABS und semi-aktivem Fahrwerk auf Schlechtwegstrecken. Sie simulieren dazu den Abbremsvorgang eines Geländewagens mit ABS bei verschiedenen Einstellungen für Dämpfung und Federung des hydropneumatischen Fahrwerks. Während auf glatten Untergründen der Einfluss des Fahrwerks nur gering ist, stellen die Autoren besonders für Kopfsteinpflaster Bremswegunterschiede von bis zu 9 m beim Abbremsvorgang von 80 km/h auf 10 km/h fest [2].

Der bei einem allradgetriebenen Traktor mit Frontlader entstehende Schlupf ist Gegenstand einer Untersuchung von Janulevičius et al. In Abhängigkeit des Reifendrucks und der Beladung stellt sich ein dynamischer Radhalbmesser ein, welcher beim Allradantrieb dafür sorgen kann, dass es kinematisch bedingte Drehzahlunterschiede zwischen den Vorder- und Hinterrädern gibt, welche durch unerwünschten Schlupf der Räder ausgeglichen werden. Ziel der Autoren ist es, diesen Schlupf durch geeignete Reifendruckwahl zu minimieren [3]. Dazu werden verschiedene Reifendruckkombinationen untersucht und deren Einfluss auf den Schlupf ermittelt.

Die Verbesserung von heckgelenkten selbstfahrenden Erntemaschinen, wie beispielsweise Feldhäckslern, ist insbesondere bei der Straßenfahrt mit Geschwindigkeiten über 40 km/h ein wichtiger Faktor für die sichere Beherrschung des Fahrzeugs. Prinzip bedingte Nachteile wie der negative Eigenlenkgradient, fehlende Lenkrückstellkräfte und die verzögert durch den Fahrer wahrgenommene Reaktion des Fahrzeugs in Verbindung mit dem Mangel an Lenkmomentrückmeldung durch die Orbitrollenlenkung bilden die Motivation für die Entwicklung einer Steer-by-Wire-Lenkung [4]. Diese hat das Potenzial die Nachteile zu kompensieren.

Durch die in den vergangenen Jahren zunehmende Ausrüstung von Traktoren mit Vorderachsfederung neigen diese zu stärkerem Brems- und Anfahrnicken. Es ist möglich, dieses Verhalten durch eine günstige Wahl der Radaufhängungskinematik zu unterdrücken. Gobbi et al. stellen hierzu die analytischen Bedingungen für allrad- und hinterradgetriebene Traktoren auf [5]. Auch Uberti et al. untersuchen die Kinematik der Radaufhängung. Während bis-

her Einzelradaufhängungen nur für Traktoren über 150 kW verfügbar waren, entwickeln sie eine Doppelquerlenker-Einzelradaufhängung für einen Obst- und Weinbautraktor. Diese Lösung ermöglicht es, die ungewünschte Abhängigkeit der Lage des Rollzentrums vom Lenkeinschlag und der Einfederung [6] zu reduzieren. **Bild 1** zeigt den Vergleich des herkömmlichen und des neu entwickelten Fahrwerks.



**Bild 1:** Vergleich zwischen pendelnd aufgehängter Starrachse und Doppelquerlenker-Einzelradaufhängung [6].

**Figure 1:** Comparison between tilting axle and double wishbone suspension [6].

Der als Prototyp ausgeführte Traktor von Qiaoming et al. setzt hingegen auf einen Wippenmechanismus (Rocker) zum Ausgleich von Bodenunebenheiten [7]. Das vorgestellte Fahrwerk verfügt über eine Höhenregulierung sowie eine veränderbare Spur, um das Fahrzeug auf verschiedene Reihenabstände einstellen zu können. Auch der Prototyp von Marinello et al. verfügt über eine Höheneinstellbarkeit [8]. Diese dient bei dem als dreirädrigen Traktor ausgeführten Prototyp vor allem einer Erhöhung der Stabilität in Hanglagen. Neben dem Ansatz, die Neigung des Traktors bzw. der Kabine aktiv zu beeinflussen, um die Fahrsicherheit am Hang zu erhöhen, kann auch ein niedriger Schwerpunkt zur Erreichung dieses Ziels beitragen. In der Zeitschrift Landtechnik wird ein Geräteträger mit niedrigem Schwerpunkt vorgestellt [9]. Durch eine Fernsteuerbarkeit kann das Fahrzeug von einem sicheren Standort aus manövriert werden, ohne der Gefahr eines Unfalls durch Überschlagen oder Umkippen ausgesetzt zu sein.

Dass diese Unfallart weiterhin ein beachtetes Forschungsthema ist, zeigen mehrere Untersuchungen aus Italien. Dort wird versucht, die Unfälle, die auf Überschlagen oder Umkippen

des Traktors zurückzuführen sind, zu quantifizieren [10]. Die Anzahl der Verletzten basierend auf diesem Unfallszenario werden in der Studie auf ca. 300 Fälle pro Jahr geschätzt. Exakte Daten liegen jedoch nicht vor.

Weitere Forschungsarbeiten zum Überrollschutz, besonders mit Blick auf Kleintraktoren für den Weinanbau, stellen Franceschetti et al. vor. Sie vergleichen die Ergebnisse von dynamischen und statischen Tests an Überrollschutzeinrichtungen (engl. Roll-Over Protective Structures - ROPS) [11]. Ein dynamisches Computermodell zur Vorhersage der Energieaufnahme durch ROPS, das mit realen Überschlagversuchen verglichen wird, kann bei der Auslegung wesentlicher Konstruktionsparameter unterstützen [12]. Die gerade im Weinbau oft beengten Platzverhältnisse stehen im Fokus eines auf der Internationalen Konferenz für Landtechnik (AgEng) in Zürich vorgestellten Überrollschutzes von Betresato et al. Dieser ist in Situationen mit geringer Durchfahrtshöhe einklappbar und soll in diesem Zustand dennoch ein Mindestmaß an Schutz bieten [13].

Zur Entwicklung von Fahrwerken, der Messung der auf Fahrer und Traktor wirkenden Vibrationen sowie Betriebsfestigkeitsuntersuchungen werden unter anderem Vierstempelanlagen wie in **Bild 2** verwendet, welche die Räder der Traktoren zu vertikalen Bewegungen anregen.



**Bild 2:** Traktor auf Vierstempelanlage zur Anregung mittels vordefinierten Bodenprofilen [14].

**Figure 2:** Tractor on a four poster test bench used excite the wheels using predefined profiles [14].

Problematisch hierbei ist die Berücksichtigung des nachgiebigen Bodens. Häufig wird eine genormte ISO-Strecke verwendet [15]. Zur Generierung weiterer Strecken verwenden Cutini und Bisaglia einen experimentellen Ansatz. Verschiedene reale Profile werden mit einem Traktor abgefahren [14]. Dabei werden Schwingungsparameter gemessen, die anschließend auf dem Prüfstand mit demselben Fahrzeug nachgebildet und durch Berechnungen und iterative Verfahren angenähert werden um so ein äquivalentes Wegprofil zu erhalten.

Das Mehrkörpersimulationsmodell von Melzi et al. wurde mit Hilfe einer Vierstempelanlage parametrisiert. Neben den Starrkörpern für alle wesentlichen Teile wie Chassis, Kabine, Fahrersitz sowie den ungefederten Massen an Vorder- und Hinterachse berücksichtigt das Mo-

dell auch das Profil der Reifen sowie die Wirkung verschiedener weicher Böden. Die Autoren untersuchen unterschiedliche Parameterkombinationen für Kabinen- und Sitzdämpfung und geben ein Verringerungspotenzial der am Fahrersitz wirkenden Beschleunigungen von 20 bis 30 Prozent an [16].

Um auch die horizontalen Kräfte die durch das Anbaugerät, beispielsweise bei der Bodenbearbeitung, auf den Traktor wirken nachzubilden, stellen Mattetti, et al. einen Zugkraftsimulator auf Basis eines Anhängers vor [17]. Dieser ergänzt die bisher vor allem auf die vertikalen Kräfte ausgerichteten Testsysteme um die experimentelle Abbildung der Zugkraft am Heckkraftheber.


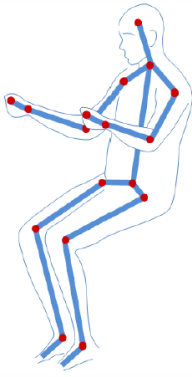
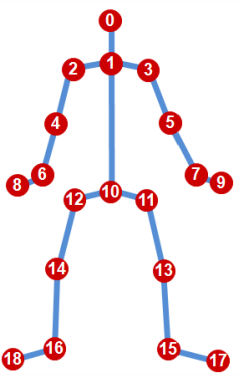
Numerische Untersuchungen dienen als Basis für die an Prüfständen und realen Fahrzeugen durchgeführten Tests. Banerjee et al. stellen ein Berechnungsmodell für die Federung der Laufrollen eines Kettenfahrzeugs vor [18]. Ihr Modell berücksichtigt die Kinematik sowie die nichtlineare Zustandsänderung des verwendeten Hydrogas-Fahrwerks.

### **Fahrkomfort / Fahrerplatz**

Die zunehmende Verbreitung günstiger Sensoren in der Heimelektronik macht diese auch für Anwendungen zur Untersuchung des Fahrerplatzes interessant. Das von Grogan et al. vorgestellte System soll die bis heute häufigen Unfälle beim Besteigen und Absteigen von Traktoren genauer erfassen. Mit Hilfe zweier kompakter, robuster Kameras aus dem Sportbereich, wird der Bewegungsverlauf automatisch aufgezeichnet. Eine anschließende Klassifikation der Daten soll Aufschluss über mögliche Unfallursachen geben [19]. Die in modernen Smartphones eingebauten Beschleunigungsaufnehmer werden von Cutini et al. verwendet, um die Ganzkörpervibrationsbelastung zu bestimmen. Diese wird heute häufig für verschiedene Testsituationen vom Hersteller oder bei Prüfanstalten einmalig gemessen. Die reale Belastung, welche einen wichtigen Faktor vor allem für die Gesundheit der fahrenden Person darstellt, kann jedoch auf Grund der vielfältigen Einsatzbedingungen stark abweichen. Die entwickelte Smartphone-Applikation kann, nach Aussage der Autoren zwar eine zertifizierte Messkette nicht ersetzen, ermöglicht es aber, einen kostengünstigen Anhaltspunkt zur Vibrationsbelastung zu gewinnen [20]. Einen Sensor, der ursprünglich für eine Videospielekonsole entwickelt wurde, nutzen Marinello et al. zur Quantifizierung der Fahrerbewegung bei der Bedienung eines Traktors. Der sogenannte Kinect-Sensor ermöglicht es, die Bewegungen eines Menschen zu erfassen (Motion-Capture). Für verschiedene Fahrsituationen wird so beispielsweise die durchschnittliche Bewegungsgeschwindigkeit verschiedener Referenzpunkte am Körper des Fahrers in Echtzeit ermittelt (siehe **Tafel 1**). Dies kann helfen, die Ergonomie in der Kabine sowie die Fahrerassistenzsysteme weiter zu verbessern, um den Fahrer zu entlasten [21].

**Tafel 1:** Modell zur Erfassung der Fahrerbewegungen [21].

**Table 1:** Model of a drivers body to monitor driver movement [21].

| Driver  | Body model  | Human body joints   |  |
|---|---|---|--|
|  |  |  | 0) Head<br>1) Shoulder center<br>2-3) Right and left shoulders<br>4-5) Right and left elbows<br>6-7) Right and left wrists<br>8-9) Right and left hands<br>10) Hip center<br>11-12) Left and right hips<br>13-14) Left and right knees<br>15-16) Left and right ankles<br>17-18) Left and right feet |

Ebenfalls auf die Erfassung und Reduktion der Fahrerbelastung zielt das System von Mann et al. ab. Ein Fahrsimulator, welcher einen Traktor mit Drillmaschine simuliert, soll verwendet werden, um sowohl die geistige als auch die physische Arbeit der fahrzeugführenden Person zu reduzieren [22]. Dazu wird mit Hilfe von Projektoren eine virtuelle Landschaft erzeugt. Die Versuchsperson sitzt in einer realen Traktorkabine und muss auf Ausfälle und Fehler, die durch den Computer vorgegeben werden, reagieren. Anschließend können verschiedene Parameter wie beispielsweise die Reaktionszeit des Fahrers ermittelt werden. Im Journal of Biosystems Engineering beschreiben dieselben Autoren wie sie mit Hilfe des Simulators das Situationsbewusstsein (engl. Situation Awareness) in Versuchen bestimmt haben [23]. In virtuellen Versuchsfahrten mit verschiedenen Automatisierungsgraden der Prozesse Lenken des Fahrzeugs sowie Bedienung und Überwachung des Drillvorgangs bestimmen sie jeweils die Anforderungen an den Fahrer und dessen Situationsbewusstsein. Sie kommen zu dem Schluss, dass auch bei einem hohen Grad der Automatisierung die maschinenbedienende Person einer gewissen Arbeitsbelastung unterliegen sollte, um das Situationsbewusstsein aufrecht zu erhalten und so jederzeit einen sicheren und effizienten Einsatz der Maschine zu gewährleisten.

In Untersuchungen der Auswirkungen auf die Pulsfrequenz beim Fahren mit und ohne satellitengestütztem Lenksystem konnten Holpp et al. eine minimal größere Belastung der fahrenden Person ohne automatische Unterstützung feststellen [24].

Neben der Funktion der Traktorkabine den Komfort sowie die Sicherheit, durch die Isolation von Lärm und Ganzkörpervibrationen, zu erhöhen sowie einen Überrollschutz zu bieten, kann sie auch zum Schutz vor gefährlichen Substanzen dienen, wie sie bei der Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln entstehen. Osterorth et al. untersuchen die Konzentration dieser in einer Kabine unter Berücksichtigung der Windrichtung [25]. Während die Windrichtung auf die außerhalb der Kabine auftretende Schadstoffkonzentration einen großen Einfluss hat, stellen die Autoren fest, dass die Luftzusammensetzung im Inneren des getesteten Fahrzeugs nahezu unabhängig davon ist. Capacci und Rondelli zeigen eine Vorgehensweise zur

nachträglichen Ausrüstung der Kabine eines Wein- und Obstanbautraktors mit einem Schutzsystem der Kategorie 4 der DIN EN 15695:2009 [26; 27].

Eine vergleichende Messung der Schwingungsbelastung beim Einsatz von Traktoren mit Raupenantrieb im Leistungsbereich von 40 bis 51 kW bei der Bodenbearbeitung mit einer Bodenfräse haben Catania et al. durchgeführt. Die zulässigen Ganzkörpervibrationswerte wurden hierbei bei allen Versuchen überschritten [28]. Die jüngeren Modelle (der jüngste Traktor hat das Baujahr 2012) zeigten jedoch geringere Schwingungsbelastungen als die älteren Modelle (ältestes Baujahr 2002). Eine Untersuchung hinsichtlich der Schwingungen des Kabinenbodens stellen Kateris et al. vor. Die vergleichende Messung der Kabinenboden-vibration mit und ohne vibrationsreduzierenden Materialien zeigt deren Potenzial [29]. Auch der Fahrersitz ist nach wie vor Gegenstand von Untersuchungen. Die Erstellung eines Mehr-körpermodells für einen vertikal und horizontal gefederten Fahrersitz weist eine gute Übereinstimmung mit der Realität auf [30].

### **Zusammenfassung**

Durch die Kombination vorhandener aktiver Systeme sowie der Verwendung neuer günstiger Sensortechnik können die Systeme zur Verbesserung des Fahrkomforts und der Fahrsicherheit weiter optimiert werden. Im Fokus zahlreicher Untersuchungen stand die Interaktion der fahrzeugführenden Person mit verschiedenen Assistenzsystemen. Zwar steigt der Automatisierungsgrad weiterhin, um der Arbeitsperson die komplexen Aufgaben zu erleichtern, jedoch ist für die nahe Zukunft ein vollautomatischer Traktor nicht zu erwarten. Neue Regelungen durch die Europäische Union, welche unter anderem dem Trend der steigenden Höchstgeschwindigkeiten Rechnung tragen, werden besonders im Bereich der Assistenzsysteme weitere Entwicklungen befördern. Die Arbeiten aus dem Jahr 2014 zeigen aber auch, das insbesondere bei Traktoren für den Wein- und Obstanbau zunehmend Entwicklungen Einzug halten, welche in größeren Leistungsklassen bereits Standard sind.

## **Literatur**

- [1] Knobloch, F.: Entwicklung eines neuen, zukunftsfähigen EU-Bremsenregelwerks für land- und forstwirtschaftliche Fahrzeuge. VDI-MEG Tagung Landtechnik 19./20.11.2014 Berlin. In: VDI-Berichte 2226. S. 21-26. Düsseldorf: VDI Verlag 2014
- [2] Hamersma, H. A. und Schalk Els, P.: Improving the braking performance of a vehicle with ABS and a semi-active suspension system on a rough road, *Journal of Terramechanics* 56 (2014). S. 91-101
- [3] Janulevičius, A.; Pupinis, G. und Kurkauskas, V.: How driving wheels of front-loaded tractor interact with the terrain depending on tire pressures, *Journal of Terramechanics* 53 (2014). S. 83-92
- [4] Dillmann, C.; Halbrügge, C. und Johanning, B.: Aktive Lenkradmomentengestaltung für mobile Arbeitsmaschinen mit Hinterradlenkung. VDI-MEG Tagung Landtechnik 19./20.11.2014 Berlin. In: VDI-Berichte 2226. S. 191-196. Düsseldorf: VDI Verlag 2014
- [5] Gobbi, M.; Mastinu, G. und Prevati, G.: Farm tractors with suspended front axle: Anti-dive and anti-lift characteristics, *Journal of Terramechanics* 56 (2014). S. 157-172
- [6] Uberti, S.; Gadola, M.; Chindamo, D.; Romano, M. und Galli, F.: Design of a double wishbone front suspension for an orchard–vineyard tractor: Kinematic analysis, *Journal of Terramechanics* 57 (2015). S. 23-39
- [7] Gao, Q.; Gao, F.; Tian, L.; Li, L.; Ding, N.; Xu, G. und Jiang, D.: Design and development of a variable ground clearance, variable wheel track self-leveling hillside vehicle power chassis (V2-HVPC), *Journal of Terramechanics* 56 (2014). S. 77-90
- [8] Marinello, F.; Pezzuolo, A.; Gasparini, F. und Sartori, L.: Analysis and testing of a three-wheeled self-leveling prototype tractor. International Conference of Agricultural Engineering - AgEng 6.-10.07.2014 Zürich. In: Proceedings International Conference of Agricultural Engineering, Zurich, 06-10.07.2014 – [www.eurageng.eu](http://www.eurageng.eu) 2014
- [9] Karner, J.; Eder, R.; Holzer, T.; Wieser, J. und Prankl, H.: Steer-by-wire-Lenkung eines Agro-Hybrid-Fahrzeuges mit Einzelradantrieb, *Landtechnik* 69 (2014) H. 2
- [10] Casazza, C.; Rondelli, V. und Martelli, R.: A critical evaluation of data collection on tractor rollover accidents in Italy. International Conference of Agricultural Engineering - AgEng 6.-10.07.2014 Zürich. In: Proceedings International Conference of Agricultural Engineering, Zurich, 06-10.07.2014 – [www.eurageng.eu](http://www.eurageng.eu) 2014
- [11] Franceschetti, B.; Rondelli, V.; Guarnieri, A. und Capacci, E.: Dynamic and static ROPS tests on modern tractors. International Conference of Agricultural Engineering - AgEng 6.-10.07.2014 Zürich. In: Proceedings International Conference of Agricultural Engineering, Zurich, 06-10.07.2014 – [www.eurageng.eu](http://www.eurageng.eu) 2014
- [12] Franceschetti, B.; Lenain, R. und Rondelli, V.: Comparison between a rollover tractor dynamic model and actual lateral tests, *Biosystems Engineering* 127 (2014). S. 79-91



- [13] Bietresato, M.; Guarnieri, A.; Rondelli, V.; Wegner, J. und Mazzetto, F.: Concept and design of the ROPS for a small articulated tractor for extreme sloped vineyards. International Conference of Agricultural Engineering - AgEng 6.-10.07.2014 Zürich. In: Proceedings International Conference of Agricultural Engineering, Zurich, 06-10.07.2014 – [www.eurageng.eu](http://www.eurageng.eu) 2014
- [14] Cutini, M. und Bisaglia, C.: Experimental identification of a representative soil profile to investigate Tractor Operator's Discomfort and Material Fatigue Resistance. International Conference of Agricultural Engineering - AgEng 6.-10.07.2014 Zürich. In: Proceedings International Conference of Agricultural Engineering, Zurich, 06-10.07.2014 – [www.eurageng.eu](http://www.eurageng.eu) 2014
- [15] International Organization for Standardization: Agricultural wheeled tractors and field machinery - Measurement of whole-body vibration of the operator 65.060.01; 13.160 (2002) ISO 5008
- [16] Melzi, S.; Negrini, S. und Sabbioni, E.: Numerical analysis of the effect of tire characteristics, soil response and suspensions tuning on the comfort of an agricultural vehicle, Journal of Terramechanics 55 (2014). S. 17-27
- [17] Mattetti, M.; Molari, G. und Unibo, D.: Draft simulator to reproduce field work on the road. International Conference of Agricultural Engineering - AgEng 6.-10.07.2014 Zürich. In: Proceedings International Conference of Agricultural Engineering, Zurich, 06-10.07.2014 – [www.eurageng.eu](http://www.eurageng.eu) 2014
- [18] Banerjee, S.; Balamurugan, V. und Krishnakumar, R.: Ride dynamics mathematical model for a single station representation of tracked vehicle, Journal of Terramechanics 53 (2014). S. 47-58
- [19] Grogan, J. P.; Morrison, J. B. und Mann, D. D.: Development of equipment for in-field recording of cab ingress/egress behavior. International Conference of Agricultural Engineering - AgEng 6.-10.07.2014 Zürich. In: Proceedings International Conference of Agricultural Engineering, Zurich, 06-10.07.2014 – [www.eurageng.eu](http://www.eurageng.eu) 2014
- [20] Cutini, M. und Bisaglia, C.: Whole Body Vibration Monitoring Using a Smartphone. International Conference of Agricultural Engineering - AgEng 6.-10.07.2014 Zürich. In: Proceedings International Conference of Agricultural Engineering, Zurich, 06-10.07.2014 – [www.eurageng.eu](http://www.eurageng.eu) 2014
- [21] Marinello, F.; Pezzuolo, A.; Gasparini, F. und Sartori, L.: Ergonomics analyses through motion capture in a vehicle cabin by means of Kinect sensor. International Conference of Agricultural Engineering - AgEng 6.-10.07.2014 Zürich. In: Proceedings International Conference of Agricultural Engineering, Zurich, 06-10.07.2014 – [www.eurageng.eu](http://www.eurageng.eu) 2014
- [22] Mann, D.; Bashiri, B.; Rakhra, A. und Karimi, D.: Development of a tractor driving simulator to research ergonomics of agricultural machines. International Conference of Agricultural Engineering - AgEng 6.-10.07.2014 Zürich. In: Proceedings International Conference of Agricultural Engineering, Zurich, 06-10.07.2014 – [www.eurageng.eu](http://www.eurageng.eu) 2014

- [23] Bashiri, B. und Mann, D. D.: Automation and the situation awareness of drivers in agricultural semi-autonomous vehicles, Biosystems Engineering 124 (2014). S. 8-15
- [24] Holpp, M.; Anken, T., Sauter, A.; Kroulik, M. und Kviz, Z.: Field evaluation of driving performances and ergonomic effects of satellite-based guidance systems. International Conference of Agricultural Engineering - AgEng 6.-10.07.2014 Zürich. In: Proceedings International Conference of Agricultural Engineering, Zurich, 06-10.07.2014 – [www.eurageng.eu](http://www.eurageng.eu) 2014
- [25] Osteroth; H.-J. und Hinz, T.: Aerosol concentration inside and outside a tractors' cab during pesticide application. International Conference of Agricultural Engineering - AgEng 6.-10.07.2014 Zürich. In: Proceedings International Conference of Agricultural Engineering, Zurich, 06-10.07.2014 – [www.eurageng.eu](http://www.eurageng.eu) 2014
- [26] Deutsches Institut für Normung e.V.: Landwirtschaftliche Traktoren und selbstfahrende Pflanzenschutzgeräte 62.060.10 (2010) DIN EN 15695. Berlin: Beuth Verlag
- [27] Capacci, E. und Rondelli, V.: Tractor cab to protect the operator from hazardous substances in spray application. International Conference of Agricultural Engineering - AgEng 6.-10.07.2014 Zürich. In: Proceedings International Conference of Agricultural Engineering, Zurich, 06-10.07.2014 – [www.eurageng.eu](http://www.eurageng.eu) 2014
- [28] Catania, P.; Vallone, M. und Febo, P.: Risk exposure to vibration and noise in the use of tracklaying tractors. International Conference of Agricultural Engineering - AgEng 6.-10.07.2014 Zürich. In: Proceedings International Conference of Agricultural Engineering, Zurich, 06-10.07.2014 – [www.eurageng.eu](http://www.eurageng.eu) 2014
- [29] Kateris, D.; Gravalos, I.; Gialamas, T.; Xyradakis, P.; Georgiadis, A. und Agarici, R.: The effect of anti-vibration material on whole-body vibration exposure via the cabin floor. International Conference of Agricultural Engineering - AgEng 6.-10.07.2014 Zürich. In: Proceedings International Conference of Agricultural Engineering, Zurich, 06-10.07.2014 – [www.eurageng.eu](http://www.eurageng.eu) 2014
- [30] Rauber, S.; Garde, S. und Schindler, C.: Simulation des Schwingungsverhaltens eines gefederten Fahrersitzes in horizontaler und vertikaler Richtung mittels eines Mehrkörper-Modells. VDI-MEG Tagung Landtechnik 19./20.11.2014 Berlin. In: VDI-Berichte 2226. S. 369-375. Düsseldorf: VDI Verlag 2014

---

**Bibliografische Angaben / Bibliographic Information****Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Krüger, Jan; Meyer, Henning Jürgen: Fahrdynamik - Fahrsicherheit - Fahrerplatz. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2014. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2015. S. 1-10

**Zitierfähige URL / Citable URL**

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00055052>

**Link zum Beitrag / Link to Article**

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/185.html>